Archive of SID

فصلنامه زمین شناسی ایران، سال نهم، شماره سی و چهارم، تابستان ۱۳۹۴، صفحات ۱۹-۳۳

تحلیل هندسی و جنبشی تاقدیس‌های کبیرکوه و چناره در کمربند چین- راندگی زاگرس

فاطمه زینعلی [۱و*]، حسین حاجی علی بیگی [۲]، محمدرضا قاسمی [۳] و حمیدرضا کریم‌نژاد [۴]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد تکتونیک، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۲. استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۳. استادیار پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران

۴. کارشناس ارشد مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت ایران

تاریخ دریافت: ۹۱/۹/۲۹

تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۱/۲۰

چکیده

تاقدیس‌های کبیرکوه و چناره در پهنه لرستان، در کمربند چین-راندگی زاگرس واقع شده‌اند. هندسه و تحول جنبشی چین‌ها در کمربند چین-راندگی زاگرس توسط گسل‌های راندگی کنترل می‌شود. در این مقاله، هندسه ساختاری تاقدیس‌های کبیرکوه و چناره به‌منظور تحلیل سبک دگریختی آنها بررسی شده است. به‌منظور تحلیل سبک دگریختی در تاقدیس‌های نامبرده، پنج برش عرضی ساختاری، عمود بر امتداد اثر محوری تاقدیس‌ها تهیه شده است. برپایه تحلیل هندسی و جنبشی انجام شده، تاقدیس‌های کبیرکوه و چناره هندسه‌ای شبیه به چین‌های فراکنشی گسلیده با چند سطح فراکنش دارند. سطح فراکنش عامل این چین‌خوردگی‌ها عمیق و احتمالاً در سری پالئوزوئیک زیرین است. همچنین برش‌های عرضی ساختاری ترسیم شده، بیانگر نقش مهم سازند دشتک به‌عنوان سطح فراکنش میانی عامل توسعه دگریختی‌ها در این بخش از پهنه لرستان هستند.

واژه‌های کلیدی: برش عرضی ساختاری، چین‌خوردگی مرتبط با گسلش و کمربند چین-راندگی زاگرس.

مقدمه

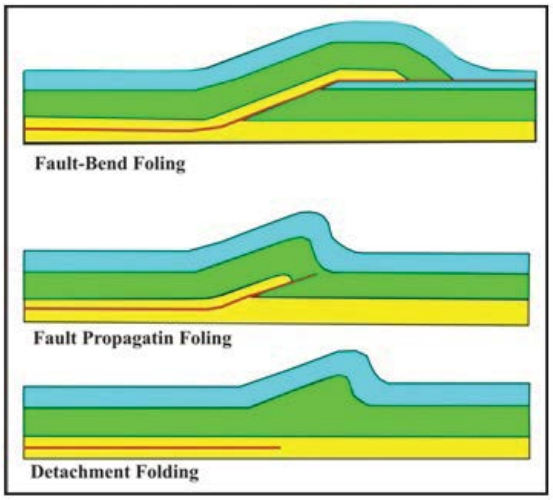
انواع متفاوتی از ورقه‌های رانده‌شده در کمربندهای چین-راندگی وجود دارد که توسعه، سازوکار حرکت و دگرشکلی درونی آنها متفاوت است. این تفاوت‌ها سبب ایجاد انواع متفاوت چین‌ها در ورقه‌های راندگی می‌شوند (Nemcok et al., 2005). افزون‌بر آن کوتاه‌شدگی پیوسته و دگرشکلی درونی از دیگر عوامل ایجاد چین‌ها با هندسه‌های متفاوت درنظر گرفته می‌شوند. چندین مدل هندسی در مورد ارتباط هندسی چین‌ها و گسل‌های راندگی، برای کمربندهای چین-راندگی نازک‌پوسته ارائه شده است که همگی براساس

* نویسنده مرتبط: Zeinali.fatemeh.fz@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

موازنه طول و حجم هستند و عنوان چین‌خوردگی‌های مرتبط با گسلش[1] به آنها داده شده است. این ارتباط توسط محققین بسیاری مورد بررسی قرار گرفته است که منجر به ارائه تقسیم‌بندی‌های متعددی برای آن شده است (Suppe، 1985؛ Jamison، 1987؛ Throbjornsen and Dunne، 1997). جمیسون (Jamison، 1987) چین‌های مرتبط با گسل را در سه گروه کلی چین‌های خم گسلی[2]، پیشروی گسلی[3] و چین‌های فراکنشی[4] قرار داده است (شکل ۱). این مدل‌ها شاخص‌هایی برای تفسیرهای لرزه‌ای و بازسازی برش‌های ترازمند فراهم می‌کنند و ابزار با ارزشی برای فهم هندسه مخازن هیدروکربنی هستند. دو نوع عمومی چین‌های تاخورده و چین‌های مرتبط با گسل‌های راندگی در کمربند زاگرس وجود دارد که توزیع، وضعیت قرارگیری و هندسه این چین‌ها به‌طور مستقیم در ارتباط با هندسه حوضه و ویژگی‌های مکانیکی توالی پوشش رسوبی است (Sepehr et al.، 2006). به‌دلیل تغییر سطوح فراکنشی در بخش‌های مختلف، به‌صورت جانبی و طولی، ویژگی‌های فیزیکی این لایه‌ها تغییر می‌کند و همین امر عاملی برای حضور سبک‌های ساختاری متفاوت در بخش‌های مختلف کمربند زاگرس است. همچنین جنبش گسل‌های رانده به‌همراه عملکرد سطوح فراکنش، عواملی هستند که در طی تکامل چین، بیشترین اثر را بر هندسه و الگوی چین دارند. در این مقاله با مطالعه ساختاری تاقدیس‌های چناره و کبیرکوه در پهنه رسوبی-ساختاری لرستان با استفاده از ترسیم برش‌های عرضی ساختاری ترازمند، به بررسی هندسه و الگوی این تاقدیس‌ها پرداخته خواهد شد و افزون بر آن تاثیر سطوح فراکنش در برش‌ها نیز مورد بررسی قرار خواهد گرفت.



شکل ۱. انواع چین‌های مرتبط با گسلش (برگرفته از Jamison، 1987)

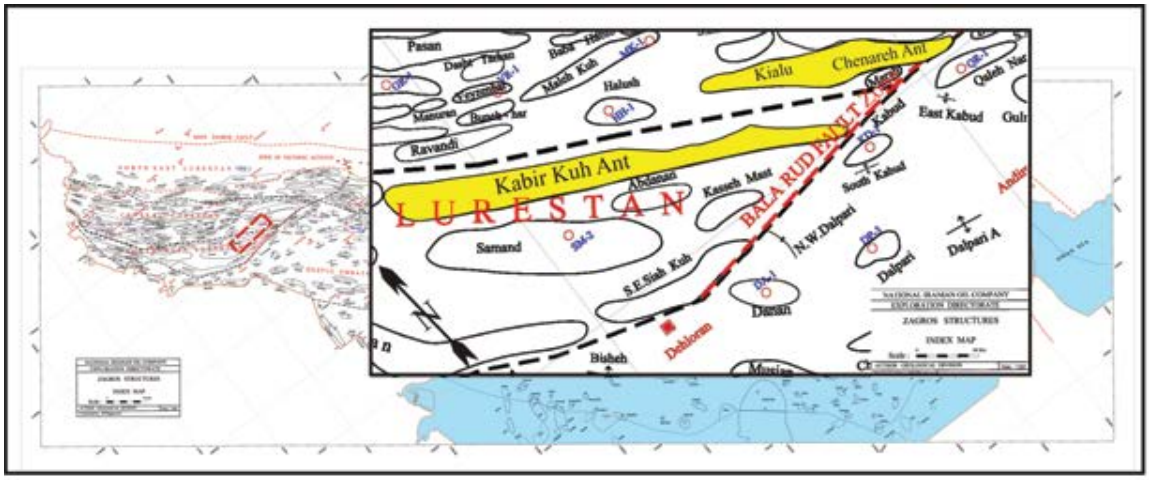
جایگاه زمین‌ساختی

تاقدیس کبیرکوه با طول حدود۲۲۰ کیلومتر و عرض ۲۰-۱۰ کیلومتر یکی از بزرگ‌ترین و مرتفع‌ترین ساختارها در پهنه رسوبی - ساختاری لرستان است. تاقدیس‌های کاسه‌ماست و چناره - کیالو به‌ترتیب در جنوب باختر و شمال خاور این تاقدیس واقع شده‌اند. تاقدیس چناره که در انتهای شمال باختری، کیالو نیز نامیده می‌شود با طول حدود ۶۵ کیلومتر و عرض متوسط ۸ کیلومتر و راستای شمال باختر- جنوب خاور در ۵۰ کیلومتری شمال اندیمشک واقع شده است. تاقدیس‌های خوشاب و مراب به‌ترتیب در شمال و جنوب این ساختار قرار دارند (شکل ۲). دسترسی به این تاقدیس از طریق جاده اصلی خرم‌آباد-پل‌دختر (در مجاورت تنگه فنی) و آزادراه خرم‌آباد - پلزال امکان‌پذیر است.

1. Fault-related folding
2. Fault bend fold
3. Fault propagation fold
4. Fault detachment fold

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲. A) نقشه کمربند ساده چین‌خورده زاگرس، B) موقعیت تاقدیس‌های کبیرکوه و چناره (برگرفته از N.I.O.C، 2003)

چینه‌شناسی

توالی رسوبی و واحدهای سنگ‌شناختی تاقدیس‌های کبیرکوه و چناره به‌ترتیب از جدید به قدیم و به اختصار براساس James and Wynd (۱۹۶۵) و مطیعی (۱۳۷۴) عبارتند از: نهشته‌های کواترنری و پس از آن سازند بختیاری (شامل کنگلومرا و ماسه‌سنگ‌های به سن پلیوسن پسین-پلیستوسن) که به‌صورت رخنمون‌های کوچکی در یال جنوب‌باختری تاقدیس کبیرکوه دیده می‌شوند. سازند آغاجاری (شامل ماسه‌سنگ و کنگلومرای به سن میوسن میانی تا پلیوسن) در بخش‌هایی از یال جنوب‌باختری هر دو تاقدیس قابل مشاهده است. سازند گچساران (شامل تناوب انیدریت - هالیت، مارل و سنگ‌آهک به سن میوسن زیرین) در ناودیس‌های مجاور دو تاقدیس رخنمون گسترده‌ای دارد. رخنمون عمده در تاقدیس کبیرکوه به سازند آسماری (سنگ آهک نریتیک به سن الیگوسن-میوسن زیرین) و در تاقدیس چناره به سازند آسماری-شهبازان متعلق است. سازند پابده (شیل‌های خاکستری و سنگ آهک‌های آرژیلیتی نازک به سن پالئوسن تا الیگوسن) در هر دو یال تاقدیس کبیرکوه رخنمون یافته اما در تاقدیس چناره این واحد سنگ‌شناختی در پس‌یال به سازندهای امیران (سیلتستون، ماسه‌سنگ، کنگلومرای چرت‌دار و آهک شیلی به سن ماستریشتین-پالئوسن)، تله‌زنگ (آهک متوسط دانه تا توده‌ای به سن پالئوسن-ائوسن میانی) و کشکان (شامل کنگلومرا، ماسه‌سنگ و سیلتستون به سن ائوسن میانی) تبدیل می‌شود. سازند گورپی (مارل‌های آب‌های عمیق و شیل به سن سانتونین-ماستریشتین) در هر دو یال تاقدیس‌ها رخنمون یافته است. گروه بنگستان شامل سازندهای ایلام (سانتونین-کامپانین) مشتمل بر آهک‌های نازک لایه و شیلی. سازند سورگاه (تورونین-سانتونین) حاوی شیل‌های پیریت‌دار و آهک نازک‌لایه. سازند سروک (آلبین-تورونین)، سنگ آهک آب‌های عمیق با لایه‌بندی نازک سنگ‌آهک نریتیک و سازند کژدمی (آلبین-سنومانین زیرین) شامل مارل‌های خاکستری با شیل‌های فرعی و تیره، سنگ‌آهک آرژیلیتی) در محور تاقدیس چناره رخنمون دارد و سازند سروک قدیمی‌ترین سازند رخنمون‌یافته در هسته تاقدیس کبیرکوه می‌باشند. با توجه به اطلاعات چاه‌های حفاری‌شده در تاقدیس‌های همجوار، در زیر گروه بنگستان، گروه خامی شامل سازندهای فهلیان

www.SID.ir

Archive of SID

(سنگ آهک الیتی تا پلیتی به سن نئوکومین)، گدوان (سنگ‌آهک نریتیک و سنگ‌آهک آرژیلیتی به سن نئوکومین بالایی-آپتین) و داریان (سنگ‌آهک اربیتولینادار همراه با بین لایه‌های سیلیسی و آرژیلیتی اندک به سن آپتین) که به‌طور جانبی و به‌صورت بین انگشتی در لرستان به سازند شیلی گرو تبدیل می‌شوند، گروه کازرون شامل سازند دشتک (شیل، دولومیت، سیلتستون، انیدریت و آهک رسی به سن تریاس بالایی) و سازند نیریز، گروه دهرم شامل سازندهای فراقان (دونین-پرمین زیرین)، دالان (پرمین میانی-فوقانی) و کنگان (تریاس پیشین) قرار دارند. واحدهای پالئوزوئیک زیرین (شامل ماسه‌سنگ، شیل و اندکی کربنات است که لایه‌های کامبرین تا اردویسین را همراه با یک وقفه ناحیه‌ای از سیلورین تا کربونیفر در برمی‌گیرد) و سری هم‌ارز هرمز (؟) (واحد تبخیری همراه با نمک و کمی ژیپس، شیل و سنگ‌های کربناته به سن پروتروزوییک بالایی-کامبرین زیرین) از واحدهای زیرین گروه دهرم هستند.

روش مطالعه

در این بررسی به‌منظور مطالعه تغییرات جانبی در سبک ساختاری، تحلیل چین‌خوردگی و معرفی سطوح فراکنش عامل دگریختی؛ داده‌های سطحی، اطلاعات چاه‌های حفاری‌شده در تاقدیس‌های همجوار و نقشه‌های زمین‌شناسی برای ترسیم برش‌های عرضی ساختاری از ساختارهای چین‌خورده ترکیب شده‌اند. تمام برش‌های عرضی به روش کینک[1] و براساس حفظ ستبرای لایه‌ها که متداول‌ترین روش در رسم برش‌های ساختاری است، ترسیم شده‌اند و در نهایت از برش‌های عرضی تهیه شده برای بررسی تغییرات هندسی ساختمان تاقدیس‌ها و پیش‌بینی وضعیت آنها در بخش‌های عمیق‌تر و تعیین سبک چین‌خوردگی آنها استفاده شده است. همچنین ترازمندسازی این برش‌های عرضی ساختاری به‌منظور کمک به تحلیل و ارتقای برش‌های عرضی و امکان آزمودن اعتبار هندسه ساختاری رسم‌شده انجام شده است. برش‌های عرضی ساختاری ترسیم‌شده به روش موازنه خط با طول ثابت و با در نظر گرفتن خط میخ[2] در محور ناودیس‌های بلافصل تاقدیس‌های مورد مطالعه به حالت پیش از دگریختی بازگردانده شده‌اند و محاسبات لازم برای تعیین میزان کوتاه‌شدگی در این تاقدیس‌ها انجام شده است (جدول ۱).

برش‌های ساختاری عرضی

جهت بررسی تغییرات هندسی تاقدیس‌های چناره و کبیرکوه پنج برش عرضی ساختاری (شکل ۳) به‌صورت عمود بر تاقدیس‌های نامبرده ترسیم شده است (شکل ۴). در ترسیم برش‌های عرضی ساختاری به محل قرارگیری سطوح فراکنش معرفی‌شده در ستون چینه‌شناسی این تاقدیس‌ها توجه شده است.

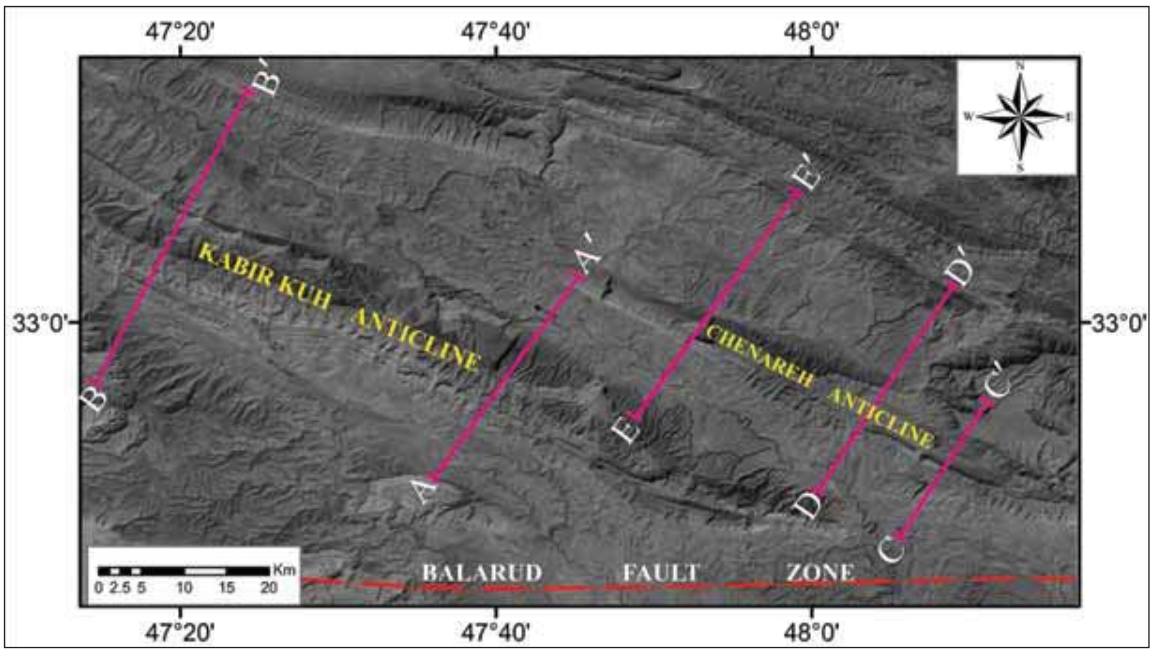
با استفاده از این برش‌ها و اندازه‌گیری پارامترهای مربوط به یک سطح چین‌خورده (شکل ۵) و نمودارهای استریوگرافیک چین‌ها (شکل ۶) جدول ۱ تهیه شده است. بر پایه این جدول می‌توان بیان نمود که تاقدیس‌های چناره و کبیرکوه از نوع چین‌های غیراستوانه‌ای می‌باشند. با توجه به طول و شیب متفاوت یال‌ها و عدم تقارن آنها نسبت به لولا در هر دو تاقدیس و همچنین بر پایه وضعیت لایه‌بندی در یال‌های شمال‌خاوری و جنوب‌باختری تاقدیس‌ها در برش‌ها (شکل ۵) مشخص گردید که تاقدیس‌های مورد بحث به‌طور کلی نامتقارن[3]، با پیش‌یال پرشیب‌تر و با تمایل[4] به سمت جنوب-جنوب‌باختر می‌باشند. مقادیر برآورد شده برای زاویه بین دو یال[5] و زاویه چین‌خوردگی[6] این

1. Kink method
2. Pine line
3. Asymmetrical fold
4. Vergence
5. Interlimb angle
6. Folding angle

www.SID.ir

Archive of SID

دو تاقدیس را از نظر فشـردگی[1] به‌عنوان چین‌های باز[2] نشان می‌دهند. محاسبات لازم برای توصیف خمیدگی نسـبی چین از نظر کندی[3] در تمامی برش‌های عرضی سـاختاری ترسیم شده، نشـان داده است که در همه برش‌ها r_c r_o است، در برش‌های عرضی ساختاری 'AA و 'BB، ۰/۸ ≤b ۰/۴ و در برش‌های 'CC، 'DD و 'EE، ۰/۴ ≤b ۰/۲ است. بنابراین برش‌های 'AA، 'BB و 'EE را می‌توان با واژه نیمه‌گرد شده[4] و برش‌های 'CC و 'DD را بـا واژه نیمه‌زاویه‌دار[5] توصیف نمود. مقادیر نسـبت ابعادی[6] محاسبه‌شـده و لگاریتم آن برای تمام برش‌ها در محدوده ۰/۲۵ ≤p ۰/۱ و ۰/۶-p Log ≤ ۱- قرار دارد که این مقادیر واژه پهن[7] را برای هردو تاقدیس پیشنهاد می‌کند. همچنین محاسبات انجام‌شده بر روی سازند آسماری در تمامی برش‌ها رده[8] 1c طبقه‌بندی Ramsay & Huber (1978) را برای برش‌های 'AA، 'BB و 'EE و رده ۲ را برای برش‌های 'CC و 'DD پیشنهاد می‌کند.

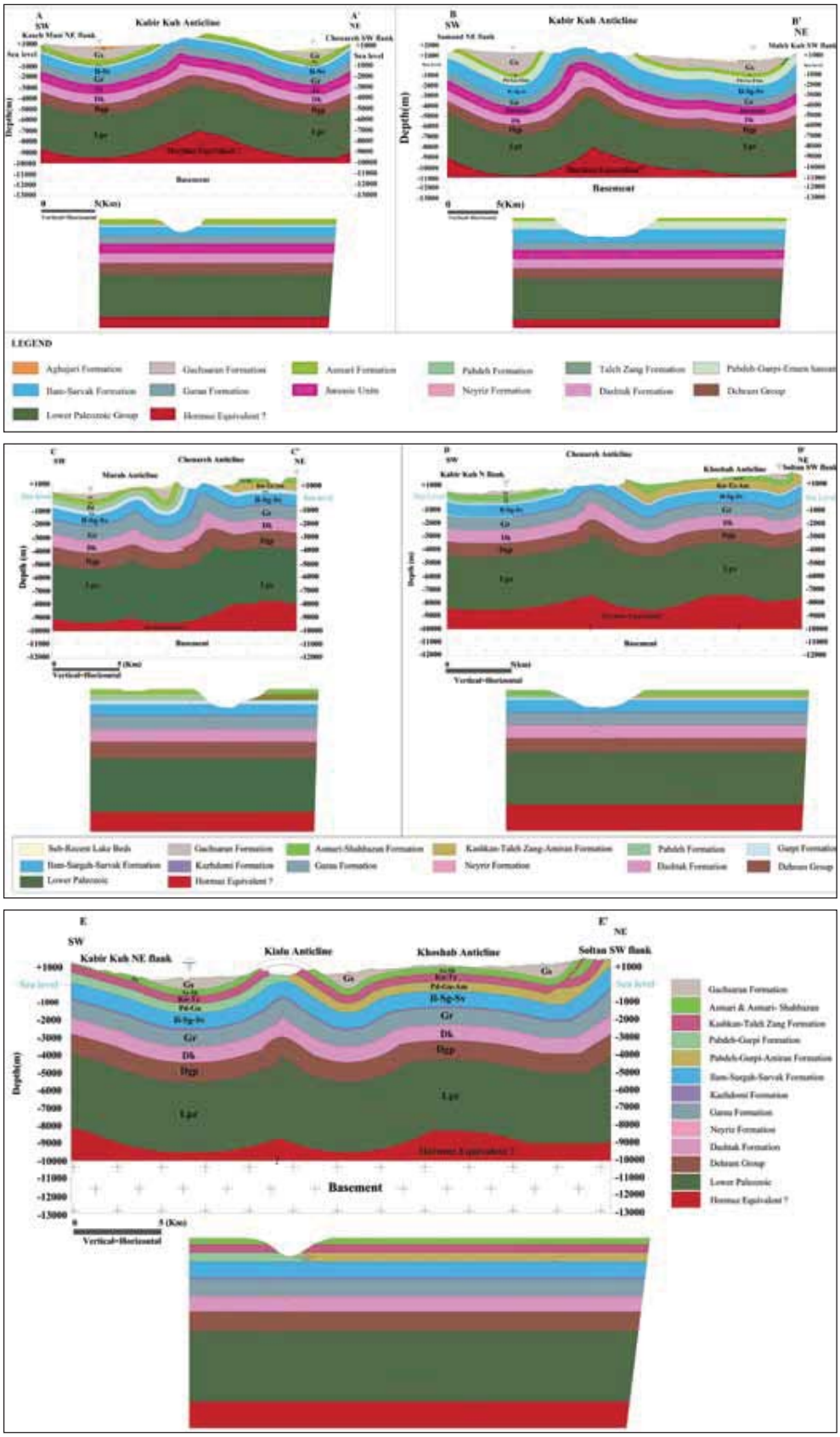


شکل ۳. نمایش محل برش‌های عرضی ساختاری بر روی تصویر ماهواره‌ای (موقعیت تصویر در شکل ۲ نشان داده شده است)

1. Tightness
2. Open
3. Bluntness
4. Subrounded
5. Subangular
6. Aspet ratio
7. Wide
8. Class

www.SID.ir

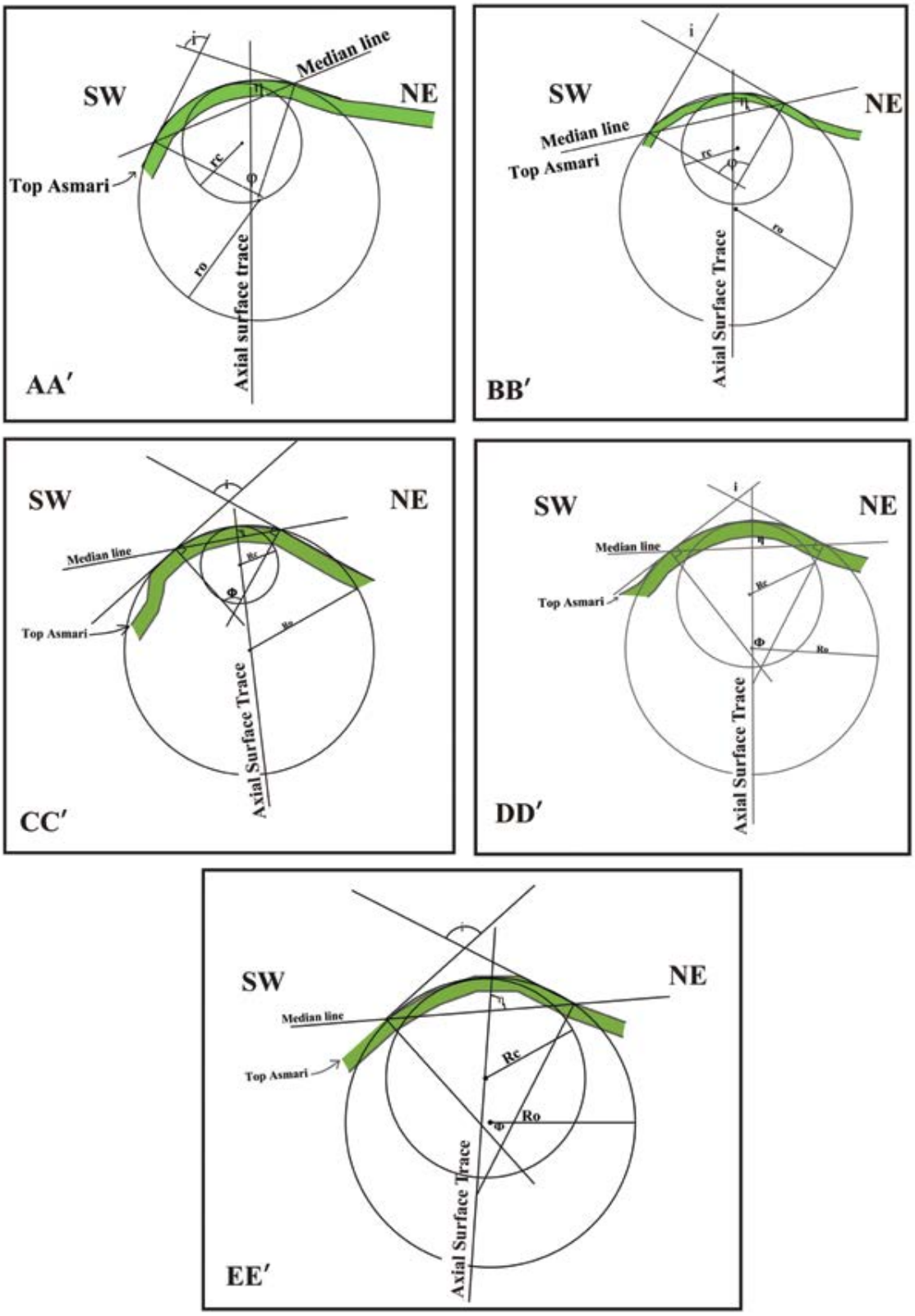
Archive of SID



شکل ۴. برش‌های عرضی ساختاری 'AA، 'BB، 'CC، 'DD، 'EE (بالا) و بازگردانی به حالت پیش از دگریختی (پایین)، بر روی تاقدیس‌های کبیرکوه و چناره (جهت اطلاعات بیشتر به جدول ۱ رجوع شود)

www.SID.ir

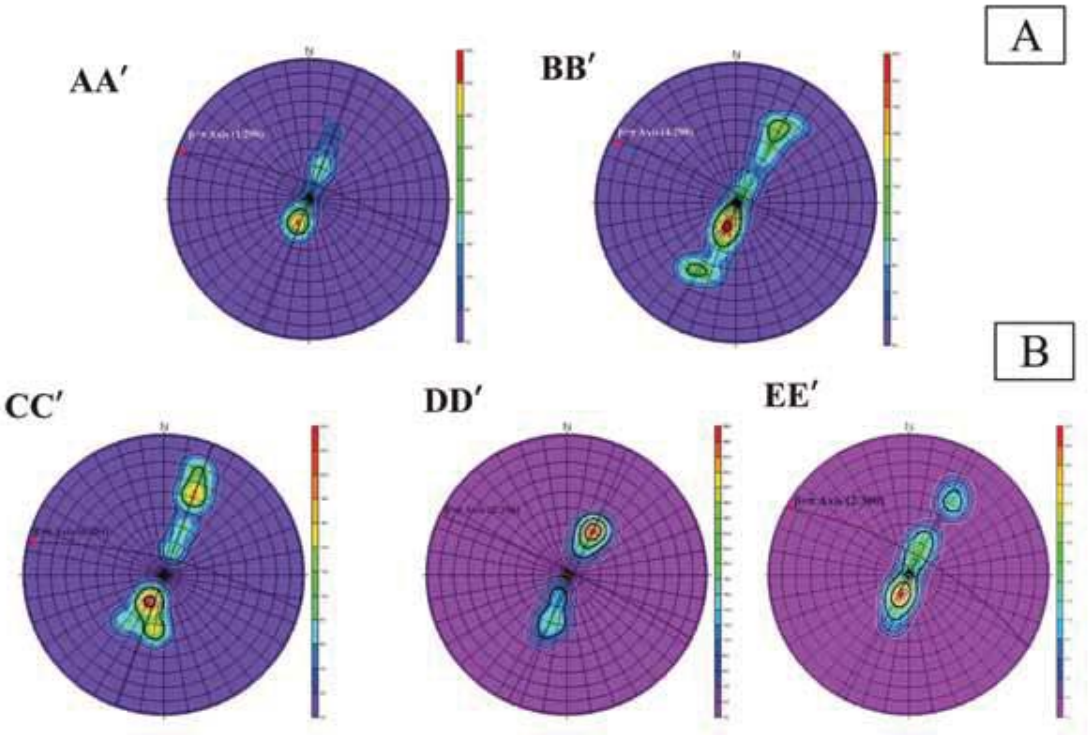
Archive of SID



شـکل ۵. ترسـیم‌های انجام شـده برای اندازه‌گیری پارامترهای هندسـی بر روی افق مرجع (سازند آسـماری) در برش‌های عرضی ساختاری EE' ،DD' ،CC' ،BB'،AA'

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۶. استریوگرام برش‌های مختلف. A) تاقدیس کبیرکوه، B) تاقدیس چناره (جهت توضیحات بیشتر به جدول ۱ رجوع شود)

جدول ۱. پارامترهای اندازه‌گیری شده برروی برش‌های ترسیم شده از تاقدیس‌های کبیرکوه و چناره (شکل‌های ۵ و ۶)

مشخصات و پارامترهای هندسی تاقدیس کبیرکوه	نام برش				
	AA'	BB'	CC'	DD'	EE'
زاویه میان یالی (i) (درجه)	۹۹	۹۰	۱۰۴	۹۵	۱۰۹
زاویه چین خوردگی (φ) (درجه)	۸۱	۹۰	۷۶	۸۵	۷۱
فشردگی (T)	باز	باز	باز	باز	باز
زاویه تمایل (η) (درجه)	۶۸	۷۷	۸۹	۷۹	۹۰
تقارن	نامتقارن	نامتقارن	نامتقارن	نامتقارن	متقارن
Cylindricty	غیراستوانه‌ای	غیراستوانه‌ای	غیراستوانه‌ای	غیراستوانه‌ای	غیراستوانه‌ای
نسبت ابعادی (p)	۰/۱۴	۰/۱۵	۰/۱۴	۰/۱۵	۰/۱۴
	-۰/۸۶	-۰/۸۱	-۰/۸۵	-۰/۸۲	-۰/۸۵
	پهن	پهن	پهن	پهن	پهن
کندی چین (b)	۱/۲۲	۱/۲۳	۰/۵	۰/۴	۰/۶
	۲/۵	۲/۶	۱/۴	۱/۴	۱/۴۵
	۰/۴۹	۰/۴۷	۰/۳	۰/۲۸	۰/۴
	نیمه‌گرد شده	نیمه‌گرد شده	نیمه زاویه‌دار	نیمه زاویه‌دار	نیمه گرد شده

www.SID.ir

Archive of SID

ادامه جدول ۱

مشخصات و پارامترهای هندسی تاقدیس کبیرکوه	نام برش				
	AA'	BB'	CC'	DD'	EE'
طبقه‌بندی چین در سازند آسماری بر پایه Ramsay and Huber؛(1987)	۳۰	۱۲	۲۰	۱۰	۱۵
	۱/۳۵	۱/۱۵	۱/۴۵	۱/۳۵	۱/۵
	۱/۳	۱/۱	۱/۴	۱/۳	۱/۴۴
	۱/۲۵	۱/۱۳	۱/۳۶	۱/۲۹	۱/۴۲
	3/1	۱/۱	۱/۴	۱/۳	۱/۴۴
	03/1	۱/۰۴	۱/۰۳	۱/۰۳	۱/۰۴
	96/0	۰/۹۹	۰/۹۷	۰/۹۹	۰/۹۹
	C۱	C۱	۲	۲	C۱
طول موج (کیلومتر)	۱۹/۹۲	۲۱/۷۰	۱۵/۲۲	۱۱/۱۰	۸/۹۸
دامنه (متر)	۴۸۶/۴۲	۸۹۵/۲۸	۳۸۹/۷۷	۵۱۲/۳۴	۴۵۸/۵۸
موقعیت فضایی محور (روند-میل)	۰۱°،۲۹۴°	۰۴°،۲۹۸°	۰۲°،۳۰۰°	۰۶°،۲۸۴°	۰۲°،۲۹۴°
سطح محوری	۱۱۲°،۸۰°NE	۱۱۸°،۸۶°NE	۱۱۶°،۷۴°NE	۱۰۳°،۸۰°NE	۱۱۶°،۸۸°NE
شیب پس یال (α) (درجه)	۱۸	۳۰	۳۰	۳۰	۳۵
کوتاه‌شدگی (درصد)	۶/۶۶	۱۰/۶۷	۹/۵	۸	۸/۴۵
ستبرای سازند گورپی در پیش‌یال (متر)	-	۴۲۳/۸۲	۵۰۰/۸۲	۳۱۱/۲۱	-
ستبرای سازند گورپی در پس‌یال (متر)	-	۳۳۷/۱۶	۳۴۷/۵۹	۲۲۹/۳۵۵	-
ستبرشدگی پیش‌یال (درصد)	-	۲۵/۷۰	۴۴/۱۰	۳۵/۶۸	-

بحث

مطالعه برش‌های عرضی ساختاری ترسیم شده و مقایسه آنها با مدل‌های هندسی ارائه شده برای چین‌های مرتبط با گسلش حاکی از آن است که تاقدیس‌های کبیرکوه و چناره از نوع چین‌های مرتبط با گسلش و از نوع چین‌های فراکنشی گسلیده[1] معرفی شده توسط Mitra (2002) می‌باشند. در برش‌های ترسیم شده از این تاقدیس، تبخیری‌های تریاس دشتک یک سطح فراکنش میانی را شکل می‌دهند که تاقدیس کبیرکوه را متاثر کرده است.

در ژرفا، هندسه تاقدیس با تاکید بر حفظ ستبرا برای گروه بنگستان (سازندهای کژدمی، سروک، سورگاه و ایلام) و سازند گرو در زیر آن بازسازی شده است. هندسه چین‌خوردگی جعبه‌ای تاقدیس کبیرکوه و بخش‌های شیب‌دار در هر دو یال در ژرفا، به پیش‌بینی یک سطح فراکنش میانی در ژرفای معادل با مرز تریاس - ژوراسیک و سازند دشتک در برش‌ها منجر شده است. طول موج به‌نسبت بالای تاقدیس چناره نشان می‌دهد که سطح فراکنش در ژرفای زیادی قرار دارد و تبخیری‌های سازند دشتک یا واحدهای عمیق‌تر در پالئوزوئیک زیرین و یا حتی سری معادل هرمز (؟) می‌توانند سطوح فراکنش بالقوه باشند.

در بررسی‌های انجام شده پیشین (حاجی علی بیگی و همکاران، ۱۳۸۶) تاقدیس چناره به‌عنوان یک چین مرتبط با گسلش از نوع چین‌های انتشار گسلی و متاثر از عملکرد منطقه گسلی بالارود معرفی شده است، در

1. Faulted detachment fold

www.SID.ir

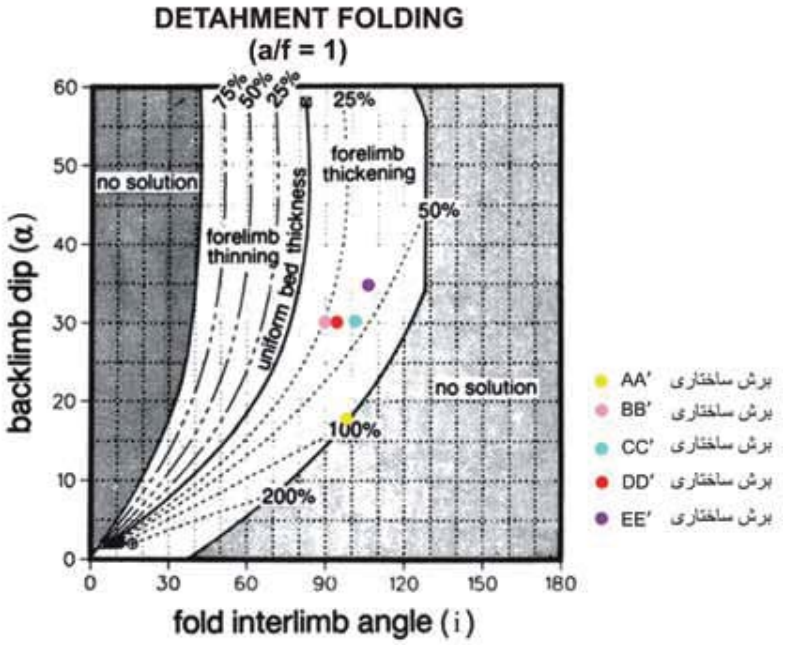
Archive of SID

حالیکه Goodarzi (2007) در بررسی‌های خود این تاقدیس را به‌عنوان یک چین فراکنشی معرفی کرده است. همچنین در بررسی‌های اخیر انجام شده توسط Verges et al. (2011) بر روی تاقدیس کبیرکوه، این تاقدیس نیز به‌عنوان یک چین فراکنش یافته بر روی سطح فراکنش دشتک معرفی شده است که با نتایج به‌دست آمده از برش‌های ترسیم‌شده در این بررسی همخوانی دارد.

جهت بررسی میزان تغییرات ستبرای چین‌ها از نمودار نازک‌شدگی و ستبرشدگی پیش‌یال چین‌های فراکنشی Jamison (1987) استفاده شده است (شکل ۷). به این منظور، پارامترهای هندسی لازم شامل شیب کژ گسل و یا شیب پس‌یال (α_b) و زاویه بین دو یال (i) جهت استفاده از این نمودارها از برش‌های ساختاری استخراج شده‌اند. با پیاده کردن پارامترهای نامبرده بر روی نمودار مربوطه همانطور که در شکل ۷ مشاهده می‌شود تاقدیس کبیرکوه در برش 'AA در محدوده بدون راه حل و در برش 'BB در محدوده ۲۵٪ ستبرشدگی پیش‌یال قرار گرفته است و تاقدیس چناره در هر سه برش ('EE ،'DD ،'CC) حدود ۳۰ تا ۴۵٪ ستبرشدگی پیش‌یال را نشان می‌دهد.

برای مقایسه درصد ستبرشدگی به‌دست آمده از نمودار با ستبرای واقعی پیش‌یال چین‌ها، نیاز است تا درصد ستبرشدگی یا نازک‌شدگی پیش‌یال تاقدیس‌ها در سطح نیز اندازه‌گیری شود. با توجه به رخنمون سازند گورپی در هر دو یال تاقدیس‌های مورد مطالعه و قابلیت تغییر ستبرای آن، از این واحد سنگ‌شناختی برای اندازه‌گیری میزان تغییرات ستبرای پیش‌یال چین‌ها در سطح استفاده شده است. لازم به‌ذکر است که در برش 'EE به‌دلیل نبود رخنمون سازند گورپی و در برش 'AA به‌دلیل نبود تغییر ستبرای این واحد، اندازه‌گیری در سطح انجام نشده است.

همانطورکه مشاهده می‌شود مقادیر ستبرشدگی محاسبه شده در سطح با مقادیر ۳۵ تا ۴۵٪ ستبرشدگی پیش‌یال به‌دست‌آمده در نمودار چین‌های فراکنشی (شکل ۷) برای تاقدیس چناره و مقدار ۲۵/۷٪ ستبرشدگی برآورد شده برای تاقدیس کبیرکوه تطابق نسبتاً خوبی دارد.



شکل ۷. موقعیت تاقدیس‌های کبیرکوه و چناره در برش‌های عرضی ساختاری 'AA، 'BB، 'CC، 'DD و 'EE بر روی نمودار نازک‌شدگی و ستبرشدگی پیش‌یال چین‌های فراکنشی Jamison (1987)

www.SID.ir

Archive of SID

تحلیل جنبشی تاقدیس‌های کبیرکوه و چناره

سه مدل هندسی و جنبشی برای چین‌های فراکنشی ارائه شده است (Poblet and McClay، 1996). بر پایه مدل اول که Mitchel and Woodward (1988) ارائه کرده‌اند، چین فراکنشی با افزایش طول یال‌ها و ثابت ماندن شیب آنها شکل می‌گیرد. در مدل دوم که De Sitter (1956) ارائه کرده است، چین فراکنشی با افزایش شیب یال‌ها و ثابت ماندن طول آنها به‌وجود می‌آید. در مدل سوم که توسط Dahlstrom (1969) ارائه گردیده است چین فراکنشی بر مبنای قانون ثابت بودن مساحت لایه‌های ویسکوز و مقاوم و با افزایش تدریجی طول و شیب پهلوها شکل می‌گیرد. تحول جنبشی چین‌های فراکنشی در اکثر کمربندهای چین-راندگی عموماً منطبق بر مدل سوم است. زیرا مدل‌های اول و دوم به‌دلیل تغییر در مساحت منطقه شکل‌پذیر از نظر تحول جنبشی امکان‌پذیر نیستند، چون در فرایند تکامل چین فراکنشی، لایه شکل‌پذیر از پایین‌ترین بخش ناودیس به‌سمت بالاترین بخش تاقدیس مهاجرت می‌کند تا چین به‌وجود آید (Poblet and McClay، 1996). بر مبنای مدل دالستروم با افزایش جابجایی راندگی، کوتاه‌شدگی در لایه شکل‌پذیر رخ می‌دهد و موجب مهاجرت آن به بالاترین بخش تاقدیس در ناحیه لولایی آن می‌گردد. چنین مهاجرتی موجب برخاستگی ناحیه لولایی تاقدیس می‌گردد. برخاستگی با میزان کوتاه‌شدگی رابطه مستقیمی دارد و در این‌صورت قانون ثابت بودن مساحت رعایت می‌شود. برای برقراری این قانون در هنگام تکامل جنبشی چین، باید همراه با افزایش طول یال‌ها شیب نیز افزایش یابد (مدل سوم). افزایش شیب یال‌ها با چرخش یال‌ها صورت می‌گیرد. چنین چرخشی در یال‌ها موجب توسعه ساختارهایی در یال‌های چین چون راندگی‌های توسعه یافته در یال‌های تاقدیس‌های کبیرکوه و چناره می‌گردد.

Poblet and McClay (1996) برای تحلیل هندسی چین‌های فراکنشی به‌وجود آمده براساس تکامل جنبشی مدل Dahlstrom (1990) نمودارهایی را معرفی نموده‌اند و معتقدند چنانچه میزان شیب یال‌های چین و نسبت سینوس آنها اندازه‌گیری شود، می‌تواند جهت محاسبه میزان کوتاه‌شدگی لایه پرقوام بالای لایه فراکنشی شکل‌پذیر که چین در آن توسعه یافته است، استفاده گردد. برای تعیین میزان کوتاه‌شدگی از طریق نمودارهای ارائه شده توسط Poblet and McClay (1996) پارامترهایی چون طول پیش‌یال، طول پس‌یال، شیب پیش‌یال، شیب پس‌یال و نسبت R_i مورد نیاز است که این متغیرها از برش‌های عرضی ترسیم شده محاسبه شده‌اند (جدول ۲).

مقدار کوتاه‌شدگی به‌دست آمده از نمودار باید بر مبنای طول پیش‌یال و پس‌یال تاقدیس نرمالیزه گردد تا میزان کوتاه‌شدگی واقعی به‌دست آید. زوایای نشان داده شده در این نمودارها به درجه واقعی هستند ولی مقادیر خطی بر مبنای l_F و l_b برابر ۱۰ نرمالیزه شده‌اند. مقدار کوتاه‌شدگی واقعی برای پیش‌یال و پس‌یال از رابطه (۱) حاصل می‌شود:

$$S=\frac{(\text{Calculated Shortening}l_f\ (l_b))}{10} \qquad \text{رابطه ۱}$$

با جایگزینی کوتاه‌شدگی‌های به‌دست آمده از نمودارها در رابطه ۱ به‌صورت جداگانه برای پیش‌یال و پس‌یال، مقدار کوتاه‌شدگی واقعی به‌دست می‌آید. چنانچه این میزان با مقادیر کوتاه‌شدگی به‌دست آمده از اندازه‌گیری برش‌های ترسیم شده (AA'، BB'، CC'، DD'، EE') در تاقدیس‌های کبیرکوه و چناره مطابقت داشته باشد، بیانگر آن است که هندسه و تحول جنبشی چین مورد نظر منطبق بر مدل می‌باشند. برای این منظور، پارامترهای لازم بر روی سطح بالایی سازند مقاوم سروک در تاقدیس کبیرکوه و گروه بنگستان در تاقدیس چناره استخراج شده‌اند (جدول ۲) (به‌دلیل گسلیده بودن سطح گروه

www.SID.ir

Archive of SID

بنگســتان در برش 'CC محاسبات در این برش انجام نشده‌اند).

با توجــه به پارامترهای محاســبه شــده موقعیت تاقدیس‌های کبیرکوه و چناره در نمودارهای شکل ۹ a و b جهت برآورد میزان کوتاه‌شــدگی تاقدیس‌ها در این برش‌ها مشخص شده است.

همچنین با استفاده از رابطه ۲ نیمی از زاویه بین دو یال نیز محاسبه شده است

$$i = 90 - (V_b/2) - (V_f/2)$$ رابطه ۲

بــا قرار دادن مقدار کوتاه‌شــدگی به‌دســت آمده از نمودار شکل ۸ a یا b در نمودارهای ۸ c و d به‌ترتیب مقادیر زاویه بین دو یال و شیب سطح محوری چین نیز قابل محاسبه‌اند.

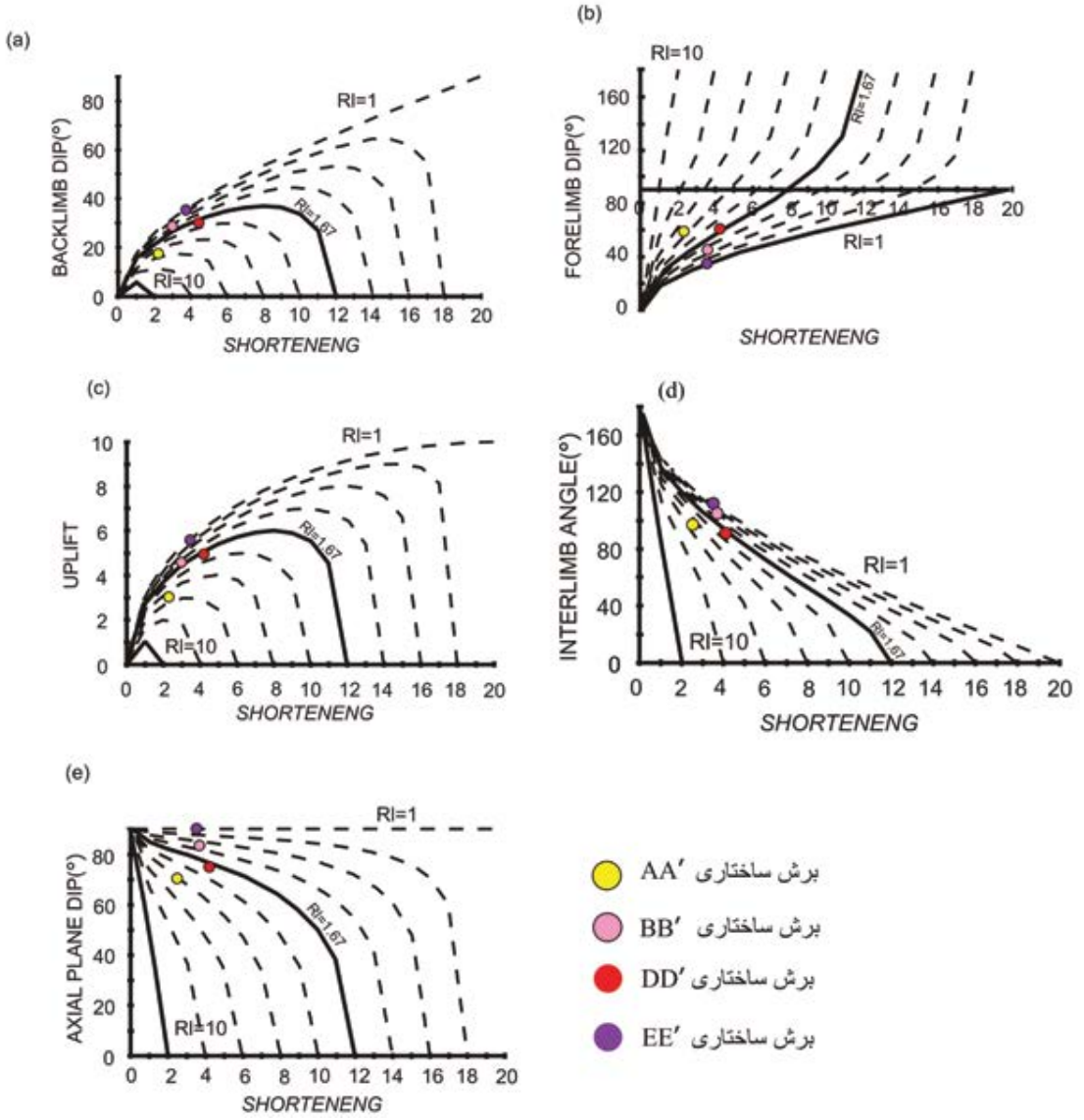
با توجه به مقدار R_1 به‌دست آمده، مقدار کوتاه‌شدگی برای پس‌یــال تاقدیس کبیرکــوه در برش‌های 'AA و 'BB بــه ترتیــب ۲/۲ و ۳/۰ و بــرای تاقدیس چناره در برش‌هــای 'DD و'EE، ۴/۵ و ۳/۸ اســت، در حالی‌که مقادیر به‌دســت آمده برای پیش‌یــال تاقدیس کبیرکوه ۲/۴ و ۳/۷ و برای تاقدیس چناره به ترتیب ۴/۱ و ۳/۵ اســت که با قرار دادن این مقادیــر در رابطه ۱ می‌توان مقدار کوتاه شــدگی واقعی را بدست آورد. طبق رابطه ۲ میزان زاویه بین دو یــال در تاقدیس‌های کبیرکوه و چناره محاسبه شده اســت (جدول ۲). مقایسه نتایج به‌دســت‌آمده از نمودارها با مقادیــر حاصل از روابط و همچنین ترســیم‌های هندسی انجام شده (شکل‌های ۵ و ۶ و جدول ۱) حاکی از تشــابه نزدیک این مقادیر با یکدیگر است.

لزوم حضور یک سطح فراکنش قاعده‌ای در تشکیل چین‌های فراکنشی توسط مولفین مختلفی (مثل Mitra, 2002 and 2003; Homza and Wallace, 1995; Dahlstrom, 1990) مورد تاکید قرار گرفته اســت. با این حال نقش ســطوح فراکنــش میانی فعال در توالی چینه‌شناسی کمتر شناخته شده است. حضور و فعالیت این ســطوح فراکنشی در توالی چینه‌شناسی برش‌های مورد مطالعه سبب گردیده است که احتمالاً در شرایط عــدم کارایی موثر ســطح فراکنش قاعده‌ای هندســه و تکامل چین‌هــا را کنترل نماید. توالــی پالئوزوئیک زیرین و ســازند دشــتک، دو واحد لیتولوژیکی کمقوام شناخته شده در ناحیه مورد مطالعه هستند که سبب جدایش دگرریختی و اختلاف سبک ساختاری شده‌اند. برش‌هــای عرضی تا حد امکان ترازمند در تاقدیس‌های چناره و کبیرکوه نشانگر یک چین فراکنشی گسلیده[1] با چند سطح گسستگی[2] است. مشاهده و تفسیر مقطع در عمق، مکانیسم چین‌خوردگی فراکنشی بر روی سطح فراکنش قاعده‌ای را برای این تاقدیس‌ها نشان می‌دهد. تجزیه و تحلیل برش‌ها نشان از عملکرد سازند دشتک به‌عنوان ســطح فراکنش میانــی دارد. احتمالاً کاهش کارایی موثر ســطح فراکنش قاعده‌ای باعث شده است که در مراحل اولیه چین‌خوردگی بخشی از کوتاه‌شدگی با گسســتگی در امتداد سری پالئوزوئیک زیرین تعدیل شــود اما در مراحل پیشرفته چین‌خوردگی، یک گسل رانــده در پیش‌یال چین تشــکیل شــده و به ســطح گسســتگی قاعده‌ای متصل گردیده است و هم‌زمان با تداوم چین‌خوردگی، سطح گسســتگی میانی (سازند دشتک) فعال شده و کوتاه‌شدگی را تعدیل کرده است و واحدهای چین‌های واقع در طرفین این سطح، سبک و هندسه چین‌خوردگی متفاوتی را تجربه کرده‌اند. حرکت این افق فراکنشی از ناودیس‌های اطراف به‌طرف هسته تاقدیس، ســبب رشــد و فرازگیری تاقدیس با هندسه متفاوتی نســبت به آنچه در عمق دیده می‌شود، شده است. عملکرد ســازندهای پابده و گورپی نیز به‌عنوان ســطوح فراکنشی باعث تشــکیل چین‌های کوچک و فرعی شده است.

1. Fault detachment fold
2. Multi detachment

www.SID.ir

Archive of SID



شـــکل ۸. نمودارهای تعیین پارامترهای هندسی چین‌های فراکنشـــی (برگرفته از Poblet and McClay، 1996). منحنی‌های ترسیم‌شده در نمودارها به ترتیب از راست به چپ با مقادیر R_1، ۱، ۱/۱۱، ۱/۲۵، ۱/۴۳، ۱/۶۷، ۲، ۲/۵، ۵ و ۱۰ متناظر می‌باشند. (موقعیت تاقدیس‌های کبیرکوه و چناره در برش‌های 'AA، 'BB، 'CC و 'EE بر پایه پارامترهای هندسی آن در نمودارها با دایره مشخص شده است)

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲. پارامترهای هندسی تاقدیس‌های کبیرکوه و چناره در برش‌های AA'، BB'، CC' و EE' جهت تحلیل جنبشی آنها به روش Poblet & McClay (1996)

طول پس‌یال (l_b) (متر)	نام برش	BB'	DD'	EE'
طول پیش‌یال (l_f) (متر)	۱۰۸۹۷/۶۳	۱۳۷۸۵/۴۳	۳۴۱۵/۹۱	۵۲۰۳/۱۸
شیب پیش‌یال (v_f) (درجه)	۸۲۹۰/۲۰	۱۰۱۰۱/۷	۳۹۸۱/۵۸	۵۹۱۳/۸۸
شیب پس‌یال (v_b) (درجه)	۶۳	۴۵	۶۰	۳۵
$Rl=\sin {}^{V_f}/_{V_b}$	۱۸	۳۰	۳۰	۳۵
کوتاه‌شدگی محاسبه شده از روی نمودار (نرمالیزه شده برپایه پس‌یال) (متر)	۲/۹۷	۱/۴۱	۱/۷۳	۱/۰۰
کوتاه‌شدگی محاسبه شده از روی نمودار (نرمالیزه شده برپایه پیش‌یال) (متر)	۲۳۹۷/۴۸	۴۱۳۵/۶۳	۱۵۷۱/۳۲	۱۹۷۷/۲۱
کوتاه‌شدگی محاسبه شده از روی برش (متر)	۱۹۸۹/۶۵	۳۷۳۷/۳۷	۱۶۳۲/۴۵	۲۰۶۹/۸۵
برخاستگی محاسبه شده از روی نمودار (نرمالیزه شده برپایه پس‌یال) (متر)	۵	۳۹۱۷/۶۳	۱۶۵۱/۹۷	۳
زاویه بین دو یال محاسبه شده از روی نمودار (درجه)	۳۲۶۹/۲۸۹	۶۲۰۳/۴۴	۱۷۰۷/۹۵۵	۲۹۱۳/۷۸
نیمی از زاویه بین دو یال محاسبه شده از طریق رابطه (درجه)	۱۰۰	۱۰۲	۹۳	۱۱
شیب سطح محوری محاسبه شده از طریق نمودار (درجه)	۴۹/۵	۵۲/۵	۹۰	۵۵
شیب سطح محوری محاسبه شده از طریق نمودار (درجه)	۷۰	۸۴	۷۵	۸۹

نتیجه‌گیری

تاقدیس‌های نامتقارن کبیرکوه و چناره از نوع چین‌های غیراستوانه‌ای با تمایل به سمت جنوب، جنوب‌باختر هستند و اندازه‌گیری پارامترهای مربوط به یک سطح چین‌خورده هر دو تاقدیس را به‌عنوان چین‌های باز و پهن معرفی کرده است که در رده 1C و ۲ طبقه‌بندی Ramsay and Huber (1978) قرار می‌گیرند. از نظر فشردگی و نسبت ابعادی به‌ترتیب واژه‌های باز و پهن برای هردو تاقدیس پیشنهاد می‌شود. بر پایه مقادیر به‌دست آمده برای خمیدگی نسبی چین (کندی) واژه نیمه‌زاویه‌دار تا نیمه‌گرد شده برای توصیف تاقدیس‌ها مناسب به‌نظر می‌رسند. تجزیه و تحلیل پارامترهای چین‌خوردگی مرتبط با گسلش برای تاقدیس‌های کبیرکوه و چناره و مقایسه برش‌های عرضی ساختاری تهیه‌شده از تاقدیس‌ها با الگوهای ارائه شده پیشین برای چین‌های مرتبط با گسلش راندگی حاکی از آن است که این تاقدیس‌ها از نوع چین‌های فراکنشی گسلیده با چند سطح فراکنش می‌باشند.

تاقدیس‌های چناره و کبیرکوه، نمونه‌های بارزی از تکامل ساختمان‌های چین‌خورده در حضور سطوح فراکنش میانی هستند. فعالیت این سطوح‌کنترل کننده هندسه چین در مراحل پیشرفته دگرشکلی است و واحدهای سنگی واقع در دوسوی این سطوح هندسه‌های متفاوتی را از خود نشان می‌دهند. با استفاده از روش تصویر عمق و حفظ ضخامت، تاقدیس چناره سطح فراکنش اصلی را در عمقی متناظر با تبخیری‌های تریاس دشتک نشان داد که این سطح با سطح فراکنش میانی اصلی در تاقدیس کبیرکوه نیز متناظر است. هندسه این

www.SID.ir

Archive of SID

ســاختارها در سطح با هندسه آنها در عمقی که سازند دشــتک واقع شده اســت، متفاوت اســت که این امر به‌دلیل نقشی است که ســازند دشتک به‌عنوان سطح فراکنش میانی بازی کرده است.

منابع

- حاجی علی بیگی، ح.، علوی، س.ا، افتخارنژاد، ج.، مختــاری، م.، آدابــی، م.ح.، ۱۳۸۶. اســتفاده از شکستگی‌ها در تفسیر ســاختاری یک تاقدیس، مطالعه مــوردی: تاقدیس چناره، جنوب باختــر ایران. فصلنامه علمی-پژوهشی علوم زمین.۴۴،۷۴-۳۳.

- مطیعــی، ه.، ۱۳۷۴. چینه‌شناســی زاگــرس. انتشــارات ســازمان زمین‌شناسی و اکتشــافات معدنی ایران، ۵۴۰.

- Dahlstrom, C.A.D., 1969. The upper detachment in concentric folding. Bulletin of -Canadian Petroleum Geology,.10, 7, 326-346.

- Dahlstrom, C.D.A., 1990. Geometric constraints derived from the law of conservation of volume and applied to evolutionary models for detachment folding. AAPG, Bulletin, 74, 3, 336-344.

- De Sitter, L., 1959. Structural Geology. McGraw Hill, London, 552.

- Homza, T.X. and Wallace, W.K., 1995. Geometric and kinematic models for detachment folds with fixed and variable detachment depths. Journal of Structural Geology,17, 575-587.

- Goodarzi, M.H.A., 2007. Structure of the Chenareh anticline in Lurestan, Zagros: role of gravity in folding style. MSc thesis. Universit Barcelona,63.

- James, G.A. and Wynd, J.G., 1965. Stratigraphic nomenclature of Iranian oil consortium agreement area. AAPG Bulletin ., 49,2182-2245.

- Jamison, W.R., 1987. Geometric analysis of fold development in overthrust terrenes. Journal of Structural Geology, 9, 207-219.

- McClay, K.R., 2003. Structural Geology for Petroleum Exploration, Lecture Notes., 503.

- Mitra, S., 2002. Structural models of faulted detachment folds. AAPG Bulletin, 86,9, 1673-1694.

- Mitra, S., 2003. A unified kinematic model for the evolution of detachment folds. Journal of Structural Geology, 25, 10, 1659-1673.

- Mitchel, M. and Woodward, N.B., 1988. Kink detachment fold in the southwest Montana fold and thrust belt. Geology. 16,162-165

- Nemcok, M., SChamel, S. and Gayer, R., 2005. Thrust belt, Cambridge Press, 541.

- Poblet, J.A. and McClay, K.R., 1996. Geometry and kinematics of single layer detachment folds. AAPG Bulletin, 80,1085-1109.

- Ramsay, J.G. and Huber, M.I., 1978. The Techniques of Modern Structural Geology, Volume.1: Strain Analysis. Academic Press, London, 307.

- Sepehr, M., Cosgrove, J.W. and Moieni, M., 2006. The impact of cover rock rehology on the style of folding in the Zagros fold-thrust belt. Tecctonophysics, 427, 265-281.

- Suppe, J., 1985. Principles of Structural Geology. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 537.

- Throbjornsen, K.L. and Dunne, W.M., 1997. Origin of thrust-related fold: geometric vs kinematictests. Journal of Structural Geology,19, 303-319.

www.SID.ir